

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



551297

(43) Date de la publication internationale  
7 octobre 2004 (07.10.2004)

PCT

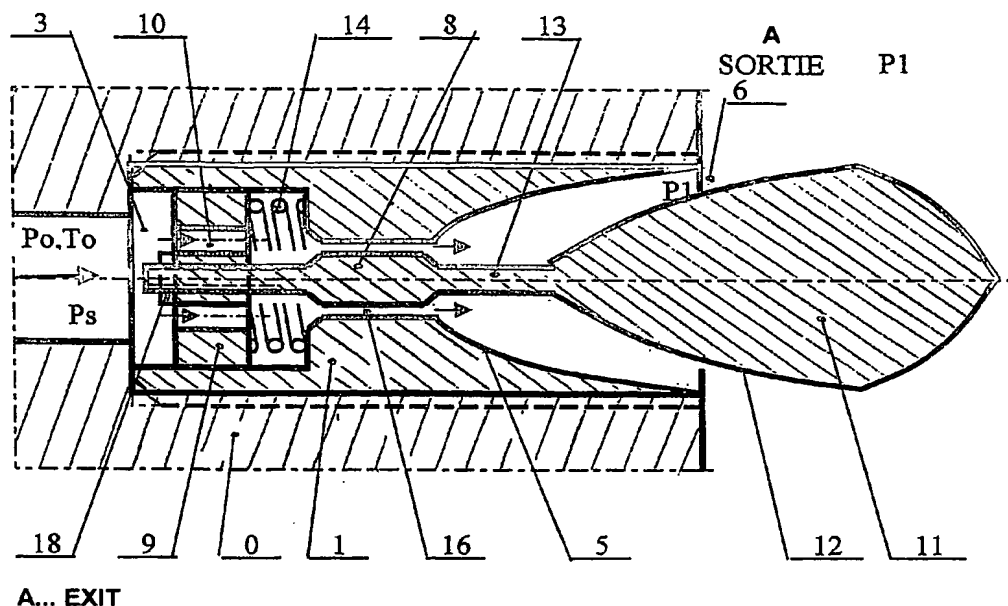
(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2004/085073 A2**

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : **B05B** (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2004/000604
- (22) Date de dépôt international : 12 mars 2004 (12.03.2004)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 03/03532 24 mars 2003 (24.03.2003) FR
- (71) Déposant et  
(72) Inventeur : HAIUN, Joseph [FR/FR]; 79-81, route de la Reine, F-92100 Boulogne (FR).
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SPRAY NOZZLE FOR OVERHEATED LIQUID

(54) Titre : BUSE DE PULVERISATION DE LIQUIDE SURCHAUFFE



(57) Abstract: The invention relates to a device for spraying an overheated liquid in very fine droplets at a very high speed beyond the speed of sound, comprising a nozzle body (1) followed by a mixer head and several injectors (16) leading to a divergent release and speed attainment nozzle (5). The invention also relates to fittings for adjusting the exit section of the nozzle by adding a profiled core (11) which can slide on the axis of the divergent nozzle (5) and enabling, according to the position thereof, regulation of the exit section of the nozzle in order to preserve a maximum ejection speed of the spray droplets. The device is essentially designed for use in the chemical and power industries.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/085073 A2



**Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée  
dès réception de ce rapport*

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

**(57) Abrégé :** L'invention concerne un dispositif permettant de pulvériser un Liquide Surchauffé en très fines gouttelettes, à une vitesse très élevée pouvant dépasser la vitesse du son, constitué d'un corps de buse (1) suivi d'un convergent et de plusieurs injecteurs (16) débouchant sur une tuyère divergente de détente et de mise en vitesse (5) . L'invention vise également des aménagements destinés à ajuster la section de sortie de la tuyère par adjonction d'un noyau profilé (11), pouvant coulisser dans l'axe de la tuyère divergente (5) et permettant, selon sa position, de régler la section de sortie de la buse pour conserver une vitesse d'éjection maximale des gouttelettes pulvérisées. Le dispositif est essentiellement destiné aux industries chimiques et énergétiques.

## BUSE DE PULVERISATION DE LIQUIDE SURCHAUFFE

---

5

### DESCRIPTION

10

**La présente invention** concerne une buse destinée à pulvériser un Liquide Surchauffé, sous formes de très fines gouttelettes dont la dimension moyennes peut être inférieure à 5 microns, à une vitesse très élevée pouvant largement dépasser la vitesse du son, pour des débits de liquides  
15 pouvant être très importants et ajustables dans une très large plage, ces résultats étant obtenus sans l'assistance d'un gaz comprimé ou d'ultrasons ; le terme Liquide Surchauffé concerne un liquide à une température  $T_0$  et une pression  $P_0$  supérieure à la tension de vapeur saturée  $P_s$  correspondante à  $T_0$ , la tension de vapeur  $P_s$  étant elle-même supérieure à la pression du milieu gazeux dans lequel le liquide est pulvérisé.

20 L'invention vise également des aménagements destinés à ajuster la section de sortie de la buse afin de conserver une vitesse supersonique maximale des gouttelettes pulvérisées lorsque la pression ou la température du liquide pulvérisé varient, ou lorsque la pression du milieu ambiant dans lequel le liquide est pulvérisé varie.

25 Ce dispositif trouve son application dans les installations industrielles nécessitant le refroidissement très rapide d'un gaz par pulvérisation de liquide, et impliquant donc la formation de très fines gouttelettes de liquide, portées à très haute vitesse .

**Dans l'état actuel de la technique**, les buses de pulvérisations sont destinées à pulvériser des liquides non surchauffés, par formation d'un jet de liquide qui est brisé à la sortie de la buse par  
30 des éléments en spirale ou par d'autres éléments ; le dispositif selon l'invention ne nécessite pas l'utilisation de tels éléments, le jet explosant de lui-même sous l'effet de la surpression du liquide.

Par ailleurs, les buses classiques permettent des pulvérisations de liquide à des vitesses dépassant rarement la vitesse du son, et la dimension moyenne des gouttelettes pulvérisées est rarement  
35 inférieure à vingt ou cinquante microns ; les meilleures performances en terme de dimensions et de vitesses des gouttelettes sont obtenues par l'utilisation d'un gaz comprimé en assistance à la pulvérisation , ou par des ultra-sons pour les buses de faible débit ; enfin, ces buses ne sont pas équipées de dispositifs destinés à ajuster la section de sortie pour conserver une vitesse supersonique maximale des gouttelettes lorsque la pression ou la température du liquide

40 pulvérisé varie, ou lorsque la pression du milieu ambiant dans lequel le liquide est pulvérisé varie.

Le dispositif selon l'invention permet de remédier à ces inconvénients dans les cas particuliers ou d'importants débits de liquides doivent être pulvérisés sous forme de très fines gouttelettes, à  
45 de très grandes vitesses, avec des débits, pression, et températures de liquide pulvérisé pouvant varier dans de fortes proportions, et lorsque la pression du milieu ou le liquide est pulvérisé peut elle aussi varier dans de fortes proportions.

La présente invention a donc pour objet un dispositif selon les dispositions décrites ci après.  
L'invention vise également les points caractéristiques et les formes de réalisations décrites en  
50 variantes.

### **VERSION 1**

Dispositif représenté sur la figure 1.A, constitué d'un corps de buse (1) fixé sur un support (0) permettant l'alimentation en Liquide Surchauffé ; le corps de buse comporte un conduit (3) ou  
55 circule le liquide surchauffé, suivi d'un convergent et de plusieurs injecteurs (4) ou le liquide surchauffé est mis en vitesse pour déboucher sur une tuyère divergente de détente et de mise en vitesse (5) ; dès son entrée dans cette tuyère, le jet de liquide s'évapore partiellement et explose instantanément sous l'effet de sa propre tension de vapeur, pour constituer une mixture de fines gouttelettes et de vapeur.

60 La génératrice de la tuyère divergente (5) présente une discontinuité, c'est à dire un angle, à son intersection avec celle des l'injecteurs (4), et sa section de sortie est dimensionnée pour que la mixture soit éjectée de la buse à la pression  $P_1$  du milieu externe sans formation d'une onde de pression dans la tuyère divergente (5) ; la vitesse d'éjection de la mixture correspond alors à la vitesse d'éjection maximale.

65 Lors de l'écoulement de la mixture tout au long de la tuyère divergente (5) la pression diminue, provoquant une baisse de température de la mixture, une évaporation continue du liquide, et une mise en vitesse continue de la vapeur due à l'accroissement de son débit ; sous l'effet du frottement avec la vapeur, les gouttelettes de liquide sont elles aussi mises en vitesse, et le processus continue jusqu'à l'orifice de sortie (6), où la pression  $P_1$  de la mixture est en équilibre  
70 avec celle du milieu ambiant dans lequel le liquide est pulvérisé .

La simulation mathématique de l'écoulement du Liquide Surchauffé tout au long du dispositif montre que la pression en sortie des injecteurs (4) est égale à la tension de vapeur saturée  $P_s$  ; dès son entrée dans la tuyère divergente, le flux liquide se refroidit, se met instantanément en ébullition, et se scinde en particules sous l'effet des forces de tension de vapeur internes au  
75 liquide ; la taille des particules est liée à ces forces de scission, qui dépendent elles-mêmes de la conductivité du liquide, des coefficient d'échange de chaleur et de diffusion, et de la pente de la génératrice de la tuyère divergente (5) à la jonction avec les injecteurs (4) ; ces forces sont d'autant plus grandes, et la taille des particules d'autant plus petite, que cette pente se rapproche de la verticale.

- 80 Dans un dispositif dimensionné pour une application prédéfinie, le débit de liquide pulvérisé peut être modifié par modification de la pression  $P_0$  et de la température  $P_0$  du liquide à l'entrée de la buse ; idéalement, la vitesse de particule la plus élevée en sortie du dispositif est obtenue lorsque ce couple de valeur correspond à la section de sortie de la tuyère divergente (5). Afin d'améliorer les performances du dispositif, la pente de la génératrice de la tuyère divergente
- 85 (5) peut, à la limite, être verticale à sa jonction avec les injecteurs (4), comme représenté sur la figure 1.A : la tuyère divergente (5) présente donc un méplat à sa jonction avec (4) ; ce méplat, créant une forte variation de pression, permet l'obtention de très fines gouttelettes et facilite l'usinage de la buse.
- Si nécessaire, la tuyère divergente peut être partiellement ou totalement intégrée au support
- 90 externe (0), comme représenté sur la figure 1.B.
- A titre d'exemple de réalisation**, une buse de pulvérisation selon la figure 1.A, constituée d'un corps en acier inoxydable de longueur 20 mm, de 9 injecteurs de diamètres 0,5 mm, et d'une tuyère divergente de diamètre de sortie égal à 8 mm, permet de pulvériser 200 k/h d'Eau Surchauffée à 60 bar et 270 °C dans de l'air ambiant, à une vitesse d'éjection voisine de 540 m/s,
- 95 la dimension des particules pulvérisées étant voisine de 5 microns et leur température égale à 100 °C ; près de 30 % du débit d'entrée d'Eau Surchauffée se retrouvent sous forme de vapeur à la sortie de la buse.

## VARIANTE 2

- 100 Dispositif représenté sur la figure 2, permettant de simplifier le concept de la busé de pulvérisation, d'accroître sa capacité, et d'en faciliter la fabrication, en remplaçant les injecteurs cylindriques (4) par un injecteur annulaire (16).
- Le dispositif selon l'invention est constitué d'un corps de buse (1) fixé sur un support (0) permettant l'alimentation en Liquide Surchauffé ; le corps de buse comporte un conduit (3) ou
- 105 circule le Liquide Surchauffé, suivi d'un convergent et d'une section de passage annulaire (16) que nous dénommerons Injecteur Annulaire, ou le Liquide Surchauffé est mis en vitesse pour déboucher sur une tuyère divergente de détente et de mise en vitesse (5) ; dès son entée dans cette tuyère, le jet de liquide s'évapore partiellement et explose instantanément sous l'effet de sa propre tension de vapeur, pour constituer une mixture de fines gouttelettes et de vapeur .
- 110 La génératrice de la tuyère divergente (5) présente une discontinuité, c'est à dire un angle, à son intersection avec celle de l'injecteur annulaire (16), et sa section de sortie est dimensionnée pour que la mixture soit éjectée de la buse à la pression  $P_1$  du milieu externe sans formation d'une onde de pression dans la tuyère divergente (5) ; la vitesse d'éjection de la mixture correspond alors à la vitesse d'éjection maximale.
- 115 L'injecteur annulaire est constitué par l'espace libre compris entre une cavité (16), cylindrique par exemple, et un noyau d'injection (8) ; le mode de fixation du noyau d'injection sur le corps de buse permet la circulation du liquide à pulvériser dans la buse. A titre d'exemple non exhaustif, la figure 2 représente un noyau d'injection cylindrique (8) muni d'une embase (9) comportant des trous de passage (10), l'embase étant elle-même fixée sur le conduit d'entrée (3).

- 120 Lors de l'écoulement de la mixture tout au long de la tuyère divergente (5) la pression diminue, provoquant une baisse de température de la mixture, une évaporation continue du liquide, et une mise en vitesse continue de la vapeur due à l'accroissement de son débit ; sous l'effet du frottement avec la vapeur, les gouttelettes de liquide sont elles aussi mises en vitesse, et le processus continue jusqu'à l'orifice de sortie, où la pression  $P_1$  de la mixture est en équilibre avec celle du milieu ambiant dans lequel le liquide est pulvérisé.
- 125 La simulation mathématique de l'écoulement du Liquide Surchauffé tout au long du dispositif montre que la pression en sortie de l'injecteur (16) est égale à la tension de vapeur saturée  $P_s$  ; dès son entrée dans la tuyère divergente, le flux liquide se refroidit, se met instantanément en ébullition, et se scinde en particules sous l'effet des forces de tension de vapeur internes au
- 130 liquide ; la taille des particules est liée à ces forces de scission, qui dépendent elles-mêmes de la conductivité du liquide, des coefficients d'échange de chaleur et de diffusion, et de la pente de la génératrice de la tuyère divergente (5) à la jonction avec l'injecteur (16) ; ces forces sont d'autant plus grandes, et la taille des particules d'autant plus petite, que cette pente se rapproche de la verticale.
- 135 Dans un dispositif dimensionné pour une application prédéfinie, le débit de liquide pulvérisé peut être modifié par modification de la pression  $P_o$  et de la température  $T_o$  du liquide à l'entrée de la buse ; idéalement, la vitesse de particule la plus élevée en sortie du dispositif est obtenue lorsque ce couple de valeur correspond à la section de sortie de la tuyère divergente (5).
- 140 Afin d'améliorer les performances du dispositif, la pente de la génératrice de la tuyère divergente (5) peut, à sa jonction avec la génératrice de la cavité (16), être à la limite perpendiculaire à l'axe de cette cavité, comme représenté sur la figure 1.A : la tuyère divergente (5) présente donc un accroissement de section brutal par rapport à la sortie de l'injecteur (16) ; cet accroissement brutal de section crée une forte variation de pression et permet l'obtention de très fines gouttelettes ; par ailleurs, il facilite l'usinage de la buse.
- 145 Si nécessaire, la tuyère divergente peut être partiellement ou totalement intégrée au support externe (0), comme représenté sur la figure 1.B.
- A titre d'exemple de réalisation**, une buse de pulvérisation selon la figure 2, constituée d'un corps en acier inoxydable de longueur 50 mm, d'un injecteur annulaire comportant un trou de diamètre 5 mm et un noyau d'injection de diamètre 4 mm, et d'une tuyère divergente de diamètre
- 50 de sortie égal à 16 mm, permet de pulvériser 800 k/h d'eau surchauffée à 60 bar et 270 °C dans de l'air ambiant, à une vitesse d'éjection voisine de 540 m/s, la dimension des particules pulvérisées étant voisine de 5 microns et leur température égale à 100 °C ; près de 30 % du débit d'entrée d'eau surchauffée se retrouvent sous forme de vapeur à la sortie de la buse.

### 55 VARIANTE 3

Dispositif représenté sur la figure 3 permettant, pour une même buse de pulvérisation, de modifier à volonté le débit, la Pression  $P_o$ , ou la Température  $T_o$  du Liquide Surchauffé à l'entrée, ainsi que la Pression  $P_1$  du milieu gazeux dans lequel le liquide est pulvérisé, tout en conservant une vitesse d'éjection maximale des gouttelettes pulvérisées en sortie du dispositif, ce

160 résultat étant obtenu par l'insertion contrôlée d'un noyau profilé (11) dans la tuyère divergente (5).

Le dispositif selon l'invention est constitué d'un corps de buse (1) fixé sur un support (0) permettant l'alimentation en Liquide Surchauffé ; le corps de buse comporte un conduit (3) ou circule le Liquide Surchauffé, suivi d'un convergent et d'un ou de plusieurs injecteurs (4) ou le  
165 Liquide Surchauffé est mis en vitesse pour déboucher sur une tuyère divergente de détente et de mise en vitesse (5) ; dès son entrée dans cette tuyère, le jet de liquide s'évapore partiellement et explose instantanément sous l'effet de sa propre tension de vapeur, pour constituer une mixture de fines gouttelettes et de vapeur .

Un noyau profilé (11), pouvant coulisser dans l'axe de la tuyère divergente (5) permet, selon sa  
170 position, de régler la section de sortie de cette tuyère ; les profils continus et monotones des génératrices de la tuyère divergente (5) et du noyau (11) permettent de conserver une section de passage croissante entre (5) et (11) tout au long de l'axe de la tuyère, quelle que soit la position du noyau (11) ; à titre d'exemple non exhaustif, des profils de génératrices correspondant à des variations de sections linéaires ou paraboliques permettent de satisfaire cette exigence.

175 La forme de la génératrice aval (12B) du noyau (11) est indifférente, et peut soit être plate, c'est à dire constituer un fond plat, soit avoir un profil aérodynamique pour limiter les pertes de charge de la mixture après sa sortie de la buse de pulvérisation, soit être adaptée à d'autres contraintes de l'environnement de la buse.

La génératrice de la tuyère divergente (5) présente une discontinuité, c'est à dire un angle, à son  
180 intersection avec celle des injecteurs (4).

Le noyau (11) est soutenu par un mécanisme permettant de régler depuis l'extérieur sa position relative par rapport à la tuyère (5) ; ce mécanisme peut indifféremment être incorporé à la buse ou être externe ; l'exemple non exhaustif de la figure 3 montre un noyau soutenu par un axe (13) traversant la buse de pulvérisation, et comportant à son extrémité une embase (9) munie de trous  
185 (10) permettant le passage du liquide à pulvériser ; un filetage (17) sur cette embase et sur le conduit (3) permet de régler les positions relatives du noyau et de la tuyère.

Quels que soient le débit de liquide à pulvériser, sa pression  $P_0$ , et sa température  $P_0$ , et quelle que soit la pression  $P_1$  du milieu gazeux dans lequel le liquide est pulvérisé, la section de sortie de la buse peut être réglée pour que la mixture soit éjectée de la buse à la pression  $P_1$  sans  
90 formation d'une onde de pression dans la tuyère divergente (5) ; la vitesse d'éjection de la mixture correspond alors à la vitesse d'éjection maximale.

Lors de l'écoulement de la mixture tout au long de la tuyère divergente (5) la pression diminue, provoquant une baisse de température de la mixture, une évaporation continue du liquide, et une mise en vitesse continue de la vapeur due à l'accroissement de son débit ; sous l'effet du  
95 frottement avec la vapeur, les gouttelettes de liquide sont elles aussi mises en vitesse, et le processus continue jusqu'à l'orifice de sortie, où la pression  $P_1$  de la mixture est en équilibre avec celle du milieu gazeux dans lequel le liquide est pulvérisé.

La simulation mathématique de l'écoulement du Liquide Surchauffé tout au long du dispositif montre que la pression en sortie de l'injecteur (16) est égale à la tension de vapeur saturée  $P_s$  ;

dès son entrée dans la tuyère divergente, le flux liquide se refroidit, se met instantanément en ébullition, et se scinde en particules sous l'effet des forces de tension de vapeur internes au liquide ; la taille des particules est liée à ces forces de scission, qui dépendent elles-mêmes de la conductivité du liquide, des coefficient d'échange de chaleur et de diffusion, et de la pente de la génératrice de la tuyère divergente (5) à la jonction avec l'injecteur (16) ; ces forces sont d'autant plus grandes, et la taille des particules d'autant plus petite, que cette pente se rapproche de la verticale.

Dans un dispositif dimensionné pour une application prédéfinie, le débit de liquide pulvérisé peut être modifié par modification de la pression  $P_0$  et de la température  $T_0$  du liquide à l'entrée de la buse.

Afin d'améliorer les performances du dispositif, la pente de la génératrice de la tuyère divergente (5) peut, à sa jonction avec la génératrice de la cavité (16), être à la limite perpendiculaire à l'axe de cette cavité, comme représenté sur la figure 3 : la tuyère divergente (5) présente donc un accroissement de section brutal par rapport à la sortie de l'injecteur (16) ; cet accroissement brutal de section crée une forte variation de pression et permet l'obtention de très fines gouttelettes ; par ailleurs, il facilite l'usinage de la buse.

Si nécessaire, la tuyère divergente peut être partiellement ou totalement intégrée au support externe (0), comme représenté sur la figure 1.B.

**A titre d'exemple de réalisation**, une buse de pulvérisation selon la figure 3, constituée d'un corps en acier inoxydable de longueur 80 mm, de 9 injecteurs de diamètres 0,5 mm, d'une tuyère divergente de diamètre de sortie égal à 23 mm, et d'un noyau de diamètre maximum 80 mm, permet de pulvériser 200 k/h d'Eau Surchauffée à 60 bar et 270 °C dans de l'air dont la pression  $P_1$  varie de la pression ambiante à 0,1 bar A, les conditions extrêmes d'éjection étant :

-Pour l'air à la pression ambiante : une vitesse d'éjection voisine de 540 m/s, et une dimension de particules pulvérisées voisine de 5 microns à une température égale à 100 °C ; près de 30 % du débit d'entrée d'eau surchauffée se retrouvent sous forme de vapeur à la sortie de la buse.

-Pour l'air à la pression de 0,1 bar A : une vitesse d'éjection voisine de 700 m/s, et une dimension de particules pulvérisées voisine de 5 microns à une température égale à 46 °C ; près de 31 % du débit d'entrée d'eau surchauffée se retrouvent sous forme de vapeur à la sortie de la buse.

#### **VARIANTE 4**

Dispositif représenté sur la figure 4, permettant d'améliorer le fonctionnement de la variante 3 en automatisant le positionnement du noyau (11) dans la tuyère divergente (5).

Le système d'automatisation agit sur le mécanisme de soutien et de positionnement du noyau

(11) pour que la section de sortie de la buse corresponde aux débit, Pression  $P_0$ , et Température  $T_0$  de l'eau surchauffée à l'entrée, ainsi qu'à la Pression  $P_1$  du milieu gazeux dans lequel liquide est pulvérisé, afin que la vitesse d'éjection des gouttelettes pulvérisées en sortie du dispositif soit maximale ; il peut indifféremment être incorporé à la buse de pulvérisation, ou être externe .



L'exemple non exhaustif de la figure 4 représente un dispositif muni d'un système d'automatisation incorporé à la buse de pulvérisation ; les éléments qui le constituent sont identiques à ceux de la figure 3, excepté que le filetage (18) du méplat (9) solidaire du noyau est supprimé pour être remplacé par un ressort de rappel (14) tendant à faire pénétrer le noyau (11) dans la tuyère divergente (5) ; un filetage et une vis (18) permettent de régler la tension du ressort de rappel (11).

Lors du fonctionnement de la buse, le noyau (11) est soumis à la force du ressort (11) tendant à l'introduire dans la tuyère (5), et aux forces de pression statique et dynamique du flux de mixture . Ces dernières sont directement liées au débit et à la Température  $T_0$  de l'eau surchauffée à l'entrée de la buse, à la Pression  $P_1$  en sortie, et aux pentes de sorties des génératrices de (5) et de (11) ; elles ont tendance à extraire le noyau (11) de la tuyère divergente (5).

Ces forces opposées s'équilibrent pour une position donnée du noyau ; cette position peut être ajustée par la vis (18) lors d'un cas de fonctionnement donné, afin que la mixture soit éjectée de la buse à la pression de sortie  $P_1$  sans formation d'une onde de pression dans la tuyère divergente (5) : la vitesse d'éjection de la mixture correspond alors à la vitesse d'éjection maximale.

La rigidité du ressort de rappel (11) et la pente de sortie de la tuyère (5) sont définis pour que ces conditions d'éjection optimales soient obtenues pour tous les autres cas de fonctionnement de la buse, sans qu'il soit nécessaire de réajuster la vis (18).

**A titre d'exemple de réalisation**, une buse de pulvérisation selon la figure 4, constituée des mêmes éléments que ceux de l'exemple de la variante 3 mais incluant le système d'automatisation de position du noyau (11) tel que défini ci-dessus, conduit aux mêmes performances, sans qu'il soit nécessaire d'intervenir quand le débit de la buse varie ou quand la pression du milieu gazeux dans lequel le liquide est pulvérisé varie.

## **VARIANTE 5**

Dispositif représenté sur la figure 5, permettant d'améliorer les variantes 3 et 4 afin d'accroître leur capacité et d'en faciliter la fabrication, en remplaçant les injecteurs cylindriques (4) par un injecteur annulaire (16).

L'injecteur annulaire est constitué par l'espace libre compris entre une cavité (16), cylindrique par exemple, et un noyau d'injection (8) ; le mode de fixation du noyau d'injection sur le corps de buse permet la circulation du liquide à pulvériser dans la buse. L'exemple non exhaustif de la figure 5 représente un noyau d'injection cylindrique (8) muni d'une embase (9) comportant des trous de passage (10) permettant la circulation du liquide à pulvériser.

**A titre d'exemple de réalisation**, une buse de pulvérisation selon la figure 5, constituée d'un corps en acier inoxydable de longueur 50 mm, d'un injecteur annulaire comportant un trou de diamètre 5 mm et un noyau de diamètre 4 mm, et d'une tuyère divergente de diamètre de sortie égal à 16 mm, permet de pulvériser 800 k/h d'Eau Surchauffée à 60 bar et 270 °C dans de l'air dans de l'air dont la pression  $P_1$  varie de 1 bar A à 0,1 bar A , les conditions extrêmes d'éjection étant :

-Pour l'air à 1 bar A : une vitesse d'éjection voisine de 540 m/s, et une dimension de particules pulvérisées voisine de 5 microns à une température égale à 100 °C ; près de 30 % du débit d'entrée d'eau surchauffée se retrouvent sous forme de vapeur à la sortie de la buse.

-Pour l'air à la pression de 0,1 bar A : une vitesse d'éjection voisine de 700 m/s, et une dimension de particules pulvérisées voisine de 5 microns à une température égale à 46 °C ; près de 31 % du débit d'entrée d'eau surchauffée se retrouvent sous forme de vapeur à la sortie de la buse.

#### **VARIANTE 6**

Dispositif représenté sur la figure 6, permettant d'améliorer les variantes 2 et 5 afin d'accroître leur souplesse d'utilisation, en remplaçant le noyau d'injection (8) de l'injecteur annulaire par un noyau d'injection profilé (15) de section variable croissante dans le sens de l'écoulement et pouvant coulisser dans l'axe de la cavité (4), la section de sortie de l'injecteur pouvant alors être réglée en ajustant la position du noyau d'injection profilé (15) par rapport à la cavité (4) .

L'exemple non exhaustif de la figure 6 représente un noyau d'injection profilé (15) conique.

L'exemple non exhaustif de la figure 7 représente un noyau d'injection profilé (15) cylindrique muni d'alvéoles externes semi-cylindriques(19) parallèles à l'axe de (15), de longueurs différentes, constituant chacune une section de passage pour le liquide à pulvériser ; le nombre d'alvéoles (19) débouchant sur la tuyère (5), et donc la section de passage de l'injecteur, sont directement liés à la position du noyau (11) dans la tuyère (5) .

**A titre d'exemple de réalisation**, une buse de pulvérisation selon la figure 6, de dimensions identiques à celle de l'exemple de réalisation de la variante 5 et comportant un noyau d'injection profilé conique de diamètres extrêmes 4 mm et 5 mm, présente les mêmes performances que celles de la variante 5, mais le débit d'eau pulvérisé peut être ajusté de 100 à 800 kg/h.

#### **APPLICATIONS INDUSTRIELLES de L'INVENTION**

Le dispositif selon l'invention trouve ses applications dans les procédés industriels suivants :

- Procédés chimiques nécessitant le refroidissement très rapide de gaz industriels,
- Procédés chimiques et industrie agroalimentaire nécessitant l'utilisation de liquides pulvérisés sous forme de particules de très petites dimensions,
- Procédés nécessitant l'utilisation de liquides pulvérisés à de très hautes vitesses : installations d'essais, installations énergétiques, compresseurs thermocinétiques, etc...

## REVENDICATIONS

- 315
- 320 1) Dispositif destinée à pulvériser un Liquide Surchauffé, sous formes de très fines gouttelettes de dimensions moyennes pouvant être inférieure à 5 microns, à une vitesse très élevée pouvant dépasser la vitesse du son, pour des débits de liquides pouvant être très importants, le terme Liquide Surchauffé concernant un liquide à une température  $T_0$  et une pression  $P_0$  supérieure à la tension de vapeur saturée  $P_s$  correspondante à  $T_0$  la tension de vapeur  $P_s$  étant elle-même supérieure à la pression du milieu gazeux dans lequel le liquide est pulvérisé, caractérisé en ce qu'il ne nécessite pas l'assistance d'un gaz comprimé ou d'ultrasons, ne
- 325 comporte pas d'éléments destinés à briser un jet de liquide, et qu'il est constitué d'un corps de buse (1) fixé sur un support (0) permettant l'alimentation en Liquide Surchauffé : le corps de buse comporte un conduit (3) ou circule le Liquide Surchauffé, suivi d'un convergent et de plusieurs injecteurs (4) ou le Liquide Surchauffé est mis en vitesse pour déboucher sur une tuyère divergente de détente et de mise en vitesse (5) ; dès son entrée dans cette tuyère, le jet
- 330 de liquide s'évapore partiellement et explose instantanément sous l'effet de sa propre tension de vapeur, pour constituer une mixture de fines gouttelettes et de vapeur.
- La génératrice de la tuyère divergente (5) présente une discontinuité, c'est à dire un angle, à son intersection avec celle des l'injecteurs (4), et sa section de sortie est dimensionnée pour que la mixture soit éjectée de la buse à la pression  $P_1$  du milieu externe sans formation d'une
- 335 onde de pression dans la tuyère divergente (5) ; la vitesse d'éjection de la mixture correspond alors à la vitesse d'éjection maximale.
- La pente de la génératrice de la tuyère divergente (5) peut, à la limite, être verticale à sa jonction avec les injecteurs (4).
- La tuyère divergente peut être partiellement ou totalement intégrée au support externe (0)
- 340
- 45 2) Dispositif destinée à pulvériser un Liquide Surchauffé, sous formes de très fines gouttelettes de dimension moyenne pouvant être inférieure à 5 microns, à une vitesse très élevée pouvant dépasser la vitesse du son, pour des débits de liquides pouvant être très importants, le terme Liquide Surchauffé concernant un liquide à une température  $T_0$  et une pression  $P_0$  supérieure à la tension de vapeur saturée  $P_s$  correspondante à  $T_0$  la tension de vapeur  $P_s$  étant elle-même supérieure à la pression du milieu gazeux dans lequel le liquide est pulvérisé, caractérisé en ce qu'il ne nécessite pas l'assistance d'un gaz comprimé ou d'ultrasons, ne comporte pas d'éléments destinés à briser un jet de liquide, et qu'il est constitué d'un corps de buse (1) fixé sur un support (0) permettant l'alimentation en Liquide Surchauffé : le corps de buse
- 50 comporte un conduit (3) ou circule le Liquide Surchauffé, suivi d'un convergent et d'une section de passage annulaire (16) que nous dénommerons Injecteur Annulaire, ou le Liquide Surchauffé est mis en vitesse pour déboucher sur une tuyère divergente de détente et de mise

en vitesse (5) ; dès son entrée dans cette tuyère, le jet de liquide s'évapore partiellement et explose instantanément sous l'effet de sa propre tension de vapeur, pour constituer une  
355 mixture de fines gouttelettes et de vapeur .

La génératrice de la tuyère divergente (5) présente une discontinuité, c'est à dire un angle, à son intersection avec celle de l'injecteur annulaire (16), et sa section de sortie est dimensionnée pour que la mixture soit éjectée de la buse à la pression P1 du milieu externe sans formation d'une onde de pression dans la tuyère divergente (5) ; la vitesse d'éjection de  
360 la mixture correspond alors à la vitesse d'éjection maximale.

L'injecteur annulaire est constitué par l'espace libre compris entre une cavité (16), cylindrique par exemple, et un noyau d'injection (8) ; le mode de fixation du noyau d'injection sur le corps de buse permet la circulation du liquide à pulvériser dans la buse.

La pente de la génératrice de la tuyère divergente (5) peut, à sa jonction avec la génératrice de la cavité (16), être perpendiculaire à l'axe de cette cavité, comme représenté sur la figure 1.A.  
165 Si nécessaire, la tuyère divergente peut être partiellement ou totalement intégrée au support externe (0).

3) Dispositif destinée à pulvériser un Liquide Surchauffé, sous formes de très fines gouttelettes  
70 de dimension moyenne pouvant être inférieure à 5 microns, à une vitesse très élevée pouvant dépasser la vitesse du son, pour des débits de liquides pouvant être très importants, et permettant, pour une même buse de pulvérisation, de modifier à volonté le débit, la Pression Po, ou la Température To du Liquide surchauffé à l'entrée, ainsi que la Pression P1 du milieu gazeux dans lequel liquide est pulvérisé, tout en conservant une vitesse d'éjection maximale  
75 des gouttelettes pulvérisées en sortie du dispositif , le terme Liquide Surchauffé concernant un liquide à une température To et une pression Po supérieure à la tension de vapeur saturée Ps correspondante à To la tension de vapeur Ps étant elle-même supérieure à la pression du milieu gazeux dans lequel le liquide est pulvérisé, caractérisé en ce qu'il ne nécessite pas l'assistance d'un gaz comprimé ou d'ultrasons, ne comporte pas d'éléments destinés à briser un jet de  
80 liquide, et qu'il est constitué d'un corps de buse (1) fixé sur un support (0) permettant l'alimentation en Liquide Surchauffé : le corps de buse comporte un conduit (3) où circule le Liquide Surchauffé, suivi d'un convergent et d'un ou de plusieurs injecteurs (4) où le Liquide Surchauffé est mis en vitesse pour déboucher sur une tuyère divergente de détente et de mise en vitesse (5) ; dès son entrée dans cette tuyère, le jet de liquide s'évapore partiellement et explose  
5 instantanément sous l'effet de sa propre tension de vapeur, pour constituer une mixture de fines gouttelettes et de vapeur .

Un noyau profilé (11), pouvant coulisser dans l'axe de la tuyère divergente (5) permet, selon sa position, de régler la section de sortie de cette tuyère ; les profils continus et monotones des génératrices de la tuyère divergente (5) et du noyau (11) permettent de conserver une section de passage croissante entre (5) et (11) tout au long de l'axe de la tuyère, quelle que soit la position  
0 du noyau (11) .

La génératrice de la tuyère divergente (5) présente une discontinuité, c'est à dire un angle, à son intersection avec celle des injecteurs (4).

Le noyau (11) est soutenu par un mécanisme permettant de régler depuis l'extérieur sa position relative par rapport à la tuyère (5).

Quels que soient le débit de liquide à pulvériser, sa pression  $P_0$ , et sa température  $P_0$ , et quelle que soit la pression  $P_1$  du milieu gazeux dans lequel le liquide est pulvérisé, la section de sortie de la buse peut être réglée pour que la mixture soit éjectée de la buse à la pression  $P_1$  sans formation d'une onde de pression dans la tuyère divergente (5) ; la vitesse d'éjection de la mixture correspond alors à la vitesse d'éjection maximale.

La pente de la génératrice de la tuyère divergente (5) peut, à sa jonction avec la génératrice de la cavité (16), être perpendiculaire à l'axe de cette cavité.

Si nécessaire, la tuyère divergente peut être partiellement ou totalement intégrée au support externe (0) .

4) Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le positionnement du noyau (11) dans la tuyère divergente (5) est automatisé, le système d'automatisation agissant sur le mécanisme de soutien et de positionnement du noyau (11) pour que la section de sortie de la buse corresponde aux débit, Pression  $P_0$ , et Température  $T_0$  du Liquide Surchauffé à l'entrée, ainsi qu'à la Pression  $P_1$  du milieu gazeux dans lequel liquide est pulvérisé, afin que la vitesse d'éjection des gouttelettes pulvérisées en sortie du dispositif soit maximale ; le système d'automatisation peut indifféremment être incorporé à la buse de pulvérisation, ou externe .

5) Dispositif selon les revendications 3 et 4 caractérisé en ce qu'il permet d'accroître leur capacité et d'en faciliter la fabrication, en remplaçant les injecteurs cylindriques (4) par un injecteur annulaire (16). L'injecteur annulaire est constitué par l'espace libre compris entre une cavité (16), cylindrique par exemple, et un noyau d'injection (8) ; le mode de fixation du noyau d'injection sur le corps de buse permet la circulation du liquide à pulvériser dans la buse.

6) Dispositif selon les revendications 2 et 5 caractérisé en ce qu'il permet d'accroître leur souplesse d'utilisation, en remplaçant le noyau d'injection (8) de l'injecteur annulaire par un noyau d'injection profilé (15) de section variable croissante dans le sens de l'écoulement et pouvant coulisser dans l'axe de la cavité (4), la section de sortie de l'injecteur pouvant alors être réglée en ajustant la position du noyau d'injection profilé (15) par rapport à la cavité (4) .

1/6

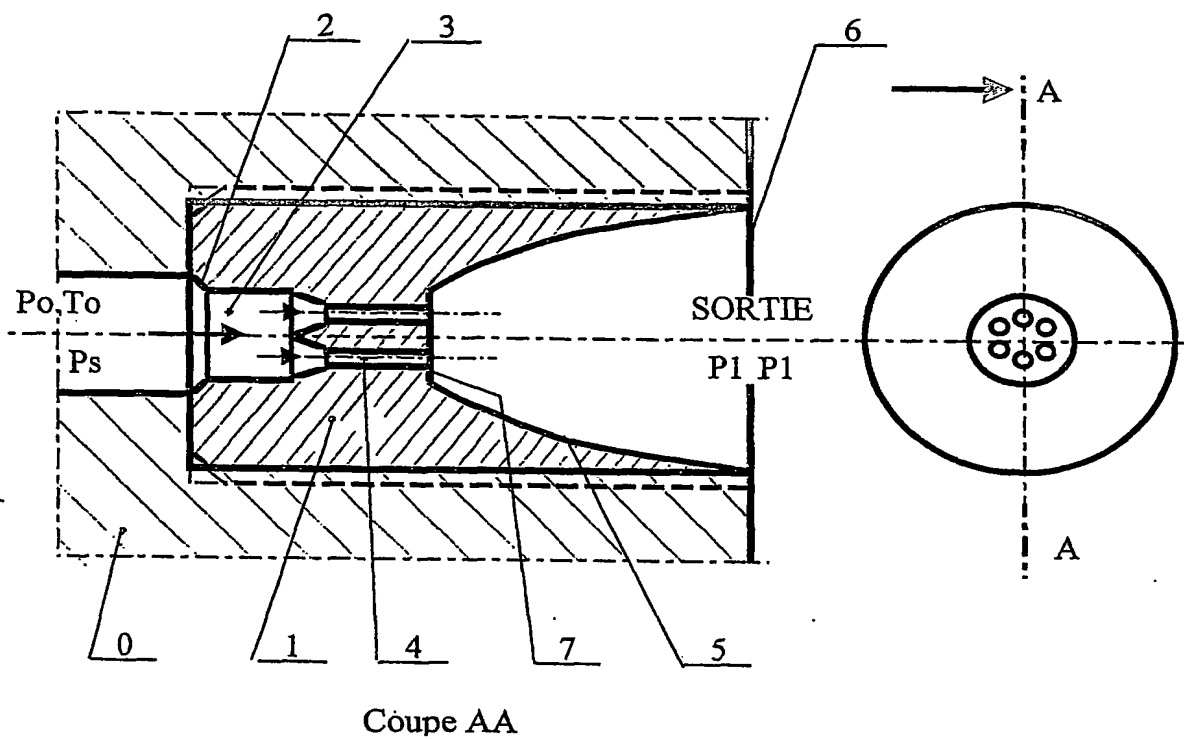
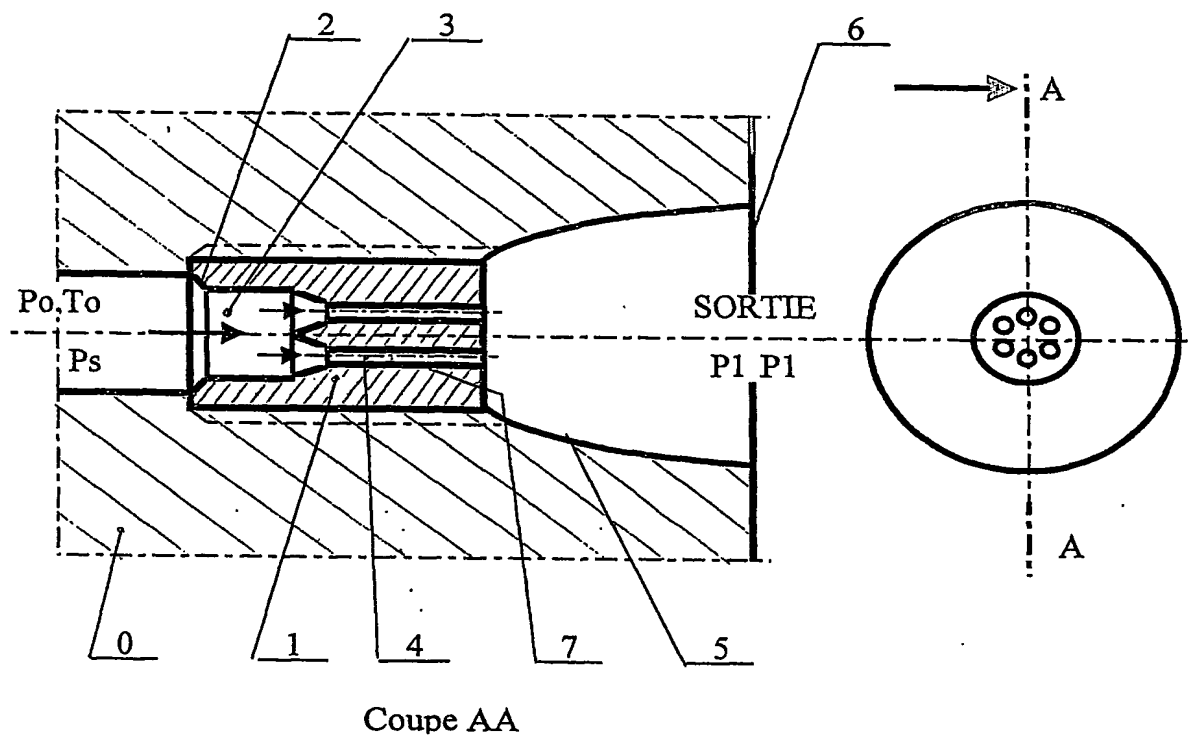


FIGURE 1.A

2/6

**FIGURE 1.B**

3/6

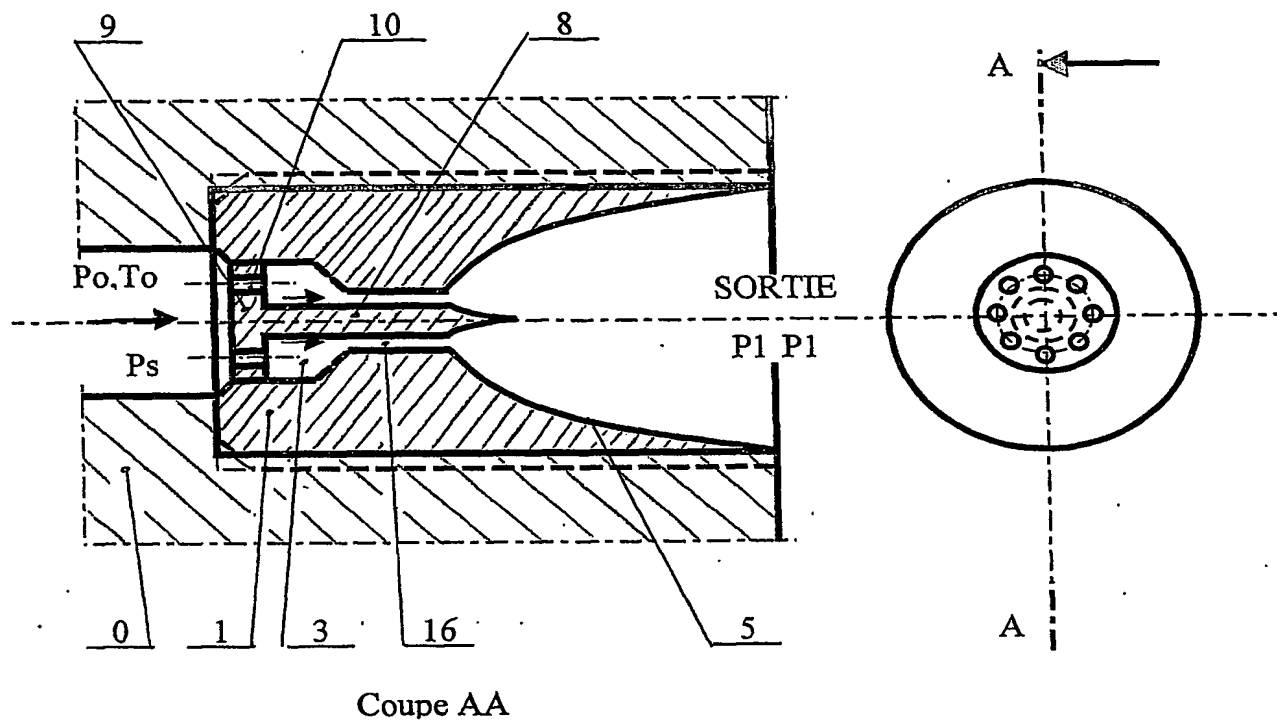


FIGURE 2



4/6

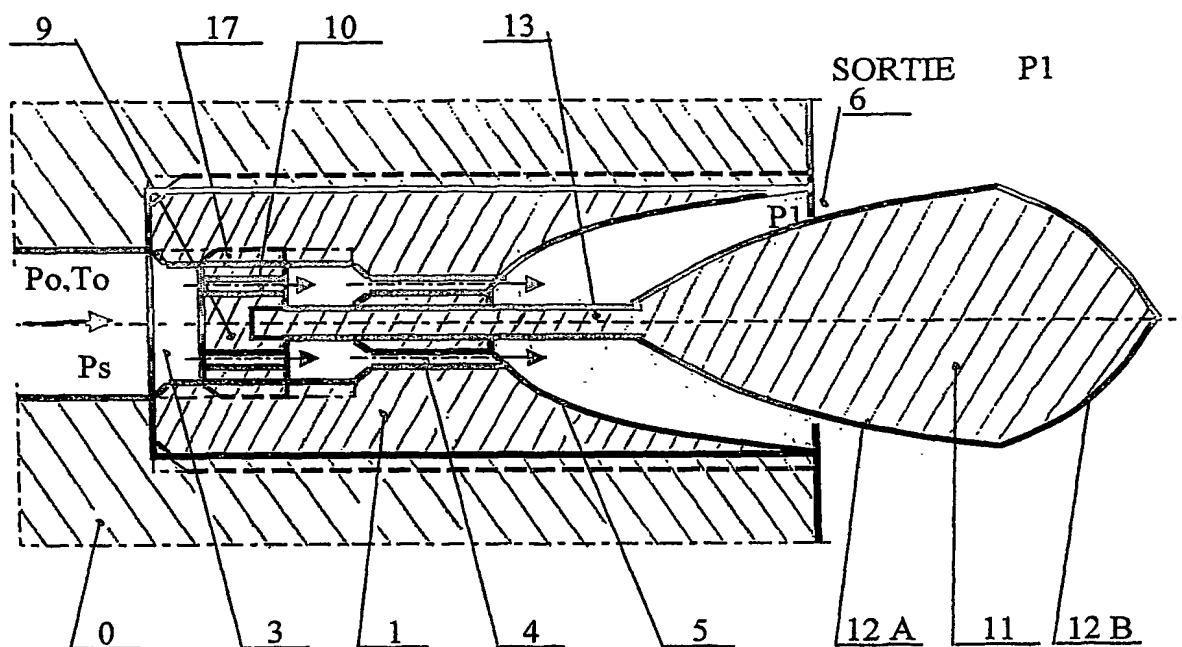


FIGURE 3

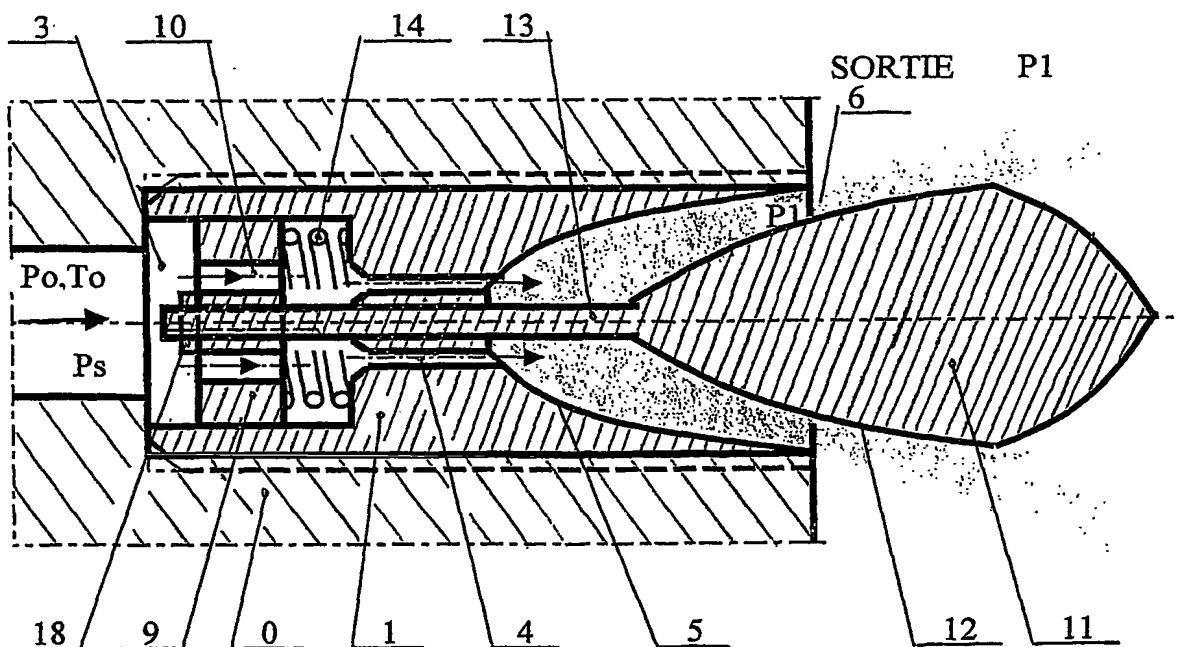


FIGURE 4

5/6

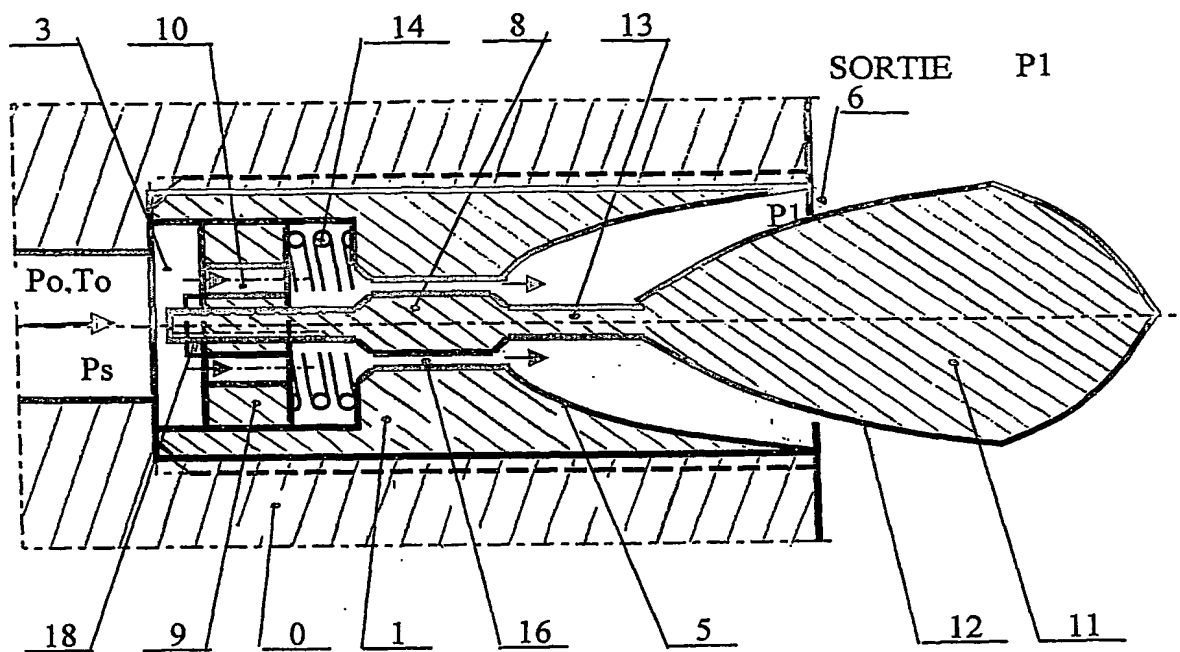


FIGURE 5

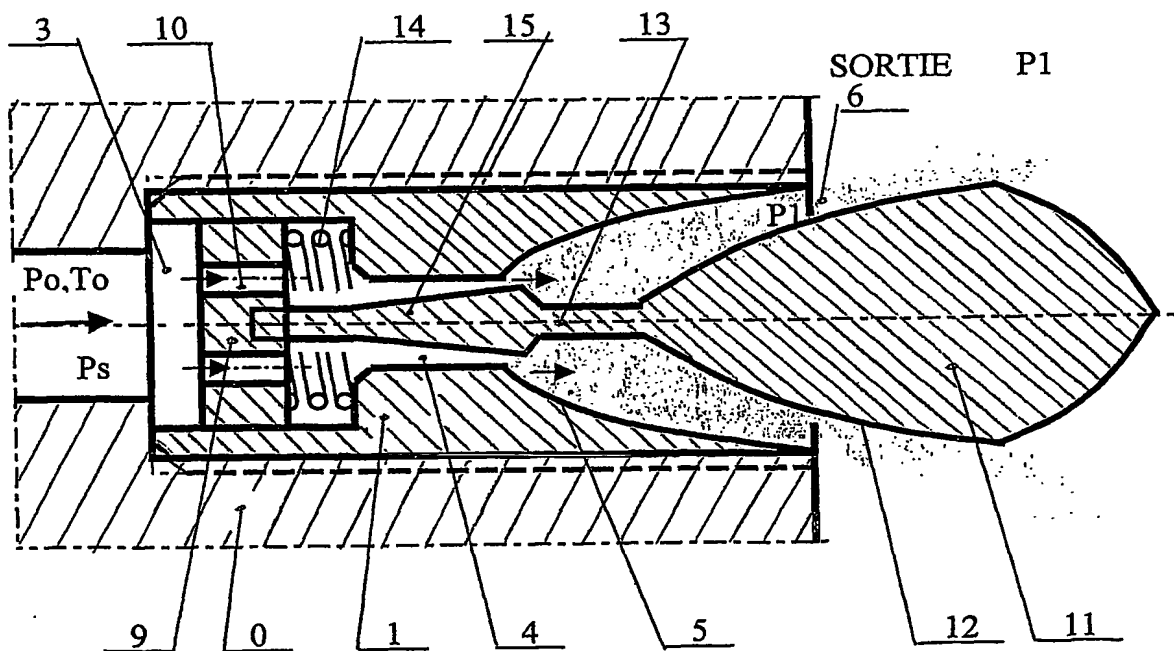


FIGURE 6

6/6

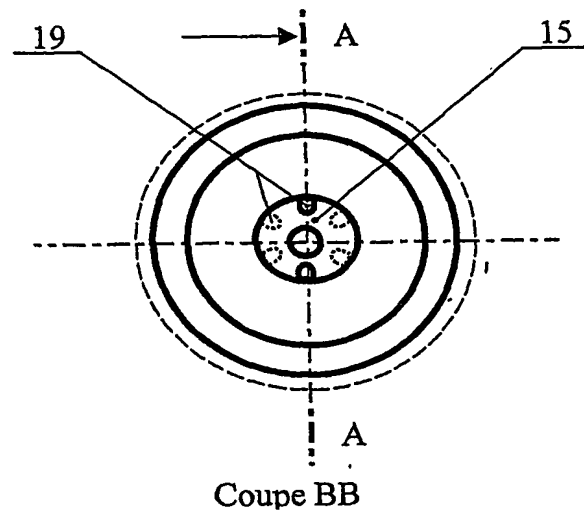
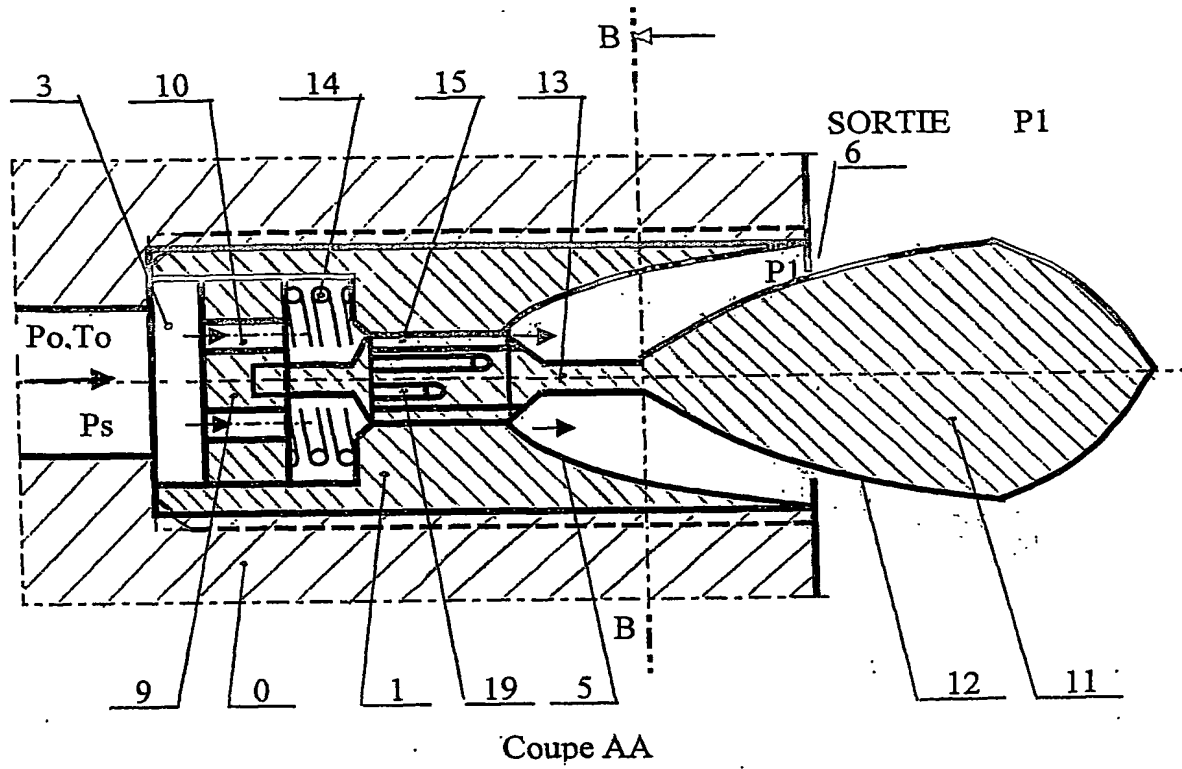


FIGURE 7